

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-184777

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

G01L 3/14

F16H 1/32

(21)Application number : 08-173420

(71)Applicant : HARMONIC DRIVE SYST IND CO LTD

(22)Date of filing : 03.07.1996

(72)Inventor : HORIUCHI MASASHI
GODOREERU IBUAN
HASHIMOTO MINORU

(30)Priority

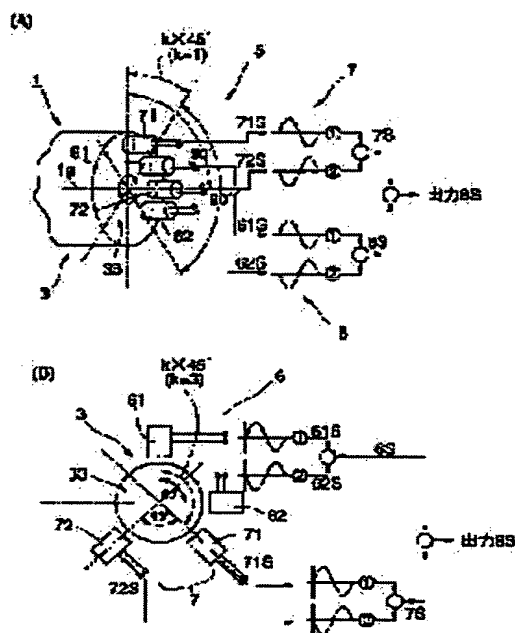
Priority number : 07286014 Priority date : 02.11.1995 Priority country : JP

(54) TORQUE DETECTION MECHANISM OF FLEXIBLE ENGAGEMENT TYPE GEAR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately detect the torque of a flexible engagement type gear device.

SOLUTION: A cup-shaped flexible outer gear 3 of a flexible engagement type gear device 1 is deflected elliptically by a wave generator. A first torque detector 6 with a pair of torque detection elements which are arranged at an angle interval of 90 degrees is arranged around a center axial line 1a at the part of, for example, a diaphragm 33 of the outer gear 3. In the similar manner, a second torque detector 7 with a pair of torque detection elements being arranged at an interval of 90 degrees is arranged. The first and second torque detectors 6 and 7 are arranged at angle interval of $k \times 45$ degrees (k : odd number) in reference with the central axial line 1a. By synthesizing the output of the two sets of torque detectors 6 and 7, torque can be detected accurately with improved linearity and extremely less influence of rotary ripple.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-184777

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 3/14			G 0 1 L 3/14	G
F 1 6 H 1/32			F 1 6 H 1/32	B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-173420

(22) 出願日 平成8年(1996)7月3日

(31) 優先権主張番号 特願平7-286014

(32) 優先日 平7(1995)11月2日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 390040051

株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ

東京都品川区南大井6丁目25番3号

(72) 発明者 堀内 雅士

長野県南安曇郡穂高町大字牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ穂高工場内

(72) 発明者 ゴドレール イヴァン

長野県南安曇郡穂高町大字牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ穂高工場内

(74) 代理人 弁理士 横沢 志郎

最終頁に続く

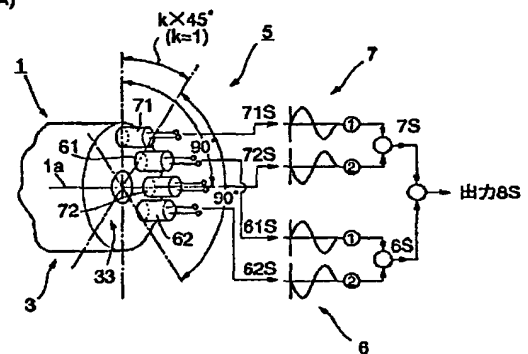
(54) 【発明の名称】 撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構

(57) 【要約】

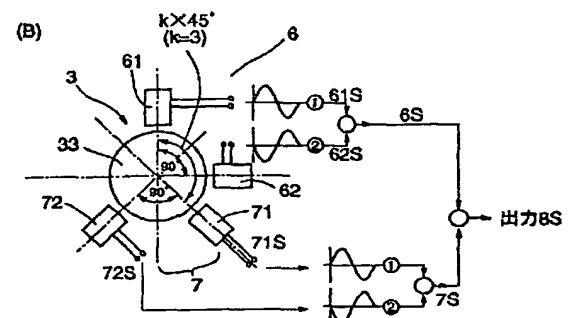
【課題】 撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出を精度良く検出可能なトルク検出機構を提案すること。

【解決手段】 撓み噛み合い式歯車装置1のカップ状可撓性外歯歯車3は、波動発生器4によって楕円状に撓められる。この外歯歯車3の例えばダイヤフラム33の部分には、中心軸線1aの回りに、90度の角度間隔で配置された一対のトルク検出素子を備えた第1のトルク検出器6が配置されている。同様に90度の角度間隔で配置した一対のトルク検出素子を備えた第2のトルク検出器7が配置されている。第1、第2のトルク検出器6、7は、中心軸線1aを中心として($k \times 45^\circ$)の角度間隔(k は奇数)となるように配置されている。これらの2組のトルク検出器6、7の出力を合成すれば、直線性が良く、しかも、回転リップルの影響が極めて少ない高精度のトルク検出を行なうことができる。

(A)



(B)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 環状の剛性内歯車と、この内側に配置されて前記剛性内歯車の内歯に噛み合い可能な外歯が外周面に形成されている環状の可撓性外歯車と、この可撓性外歯車の内側にはめ込まれて当該可撓性外歯車を半径方向に撓めて前記外歯を前記内歯に対して直径方向の2か所で噛み合わせた状態に保持すると共に当該噛み合わせ位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する噛み噛み合い式歯車装置において、

前記可撓性外歯車の前記外歯が形成されている以外の外面および内面のうちの少なくとも一方の面に対して、当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第1のトルク検出手段と、同じく当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第2のトルク検出手段とを有し、前記第2のトルク検出手段は、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに $(k \times 45^\circ)$ (k は奇数)の角度だけ回転した位置に配置されており、これら第1および第2のトルク検出手段の検出出力を合成することにより得られる合成出力に基づき前記噛み噛み合い式歯車装置の伝達トルクを検出することを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項2】 請求項1において、前記第2のトルク検出手段は、前記第1のトルク検出手段に対して、前記中心軸線の回りに、 90° から 270° までの範囲内の角度だけ回転した位置に配置されていることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項3】 請求項1において、更に、前記可撓性外歯車の前記外歯が形成されている以外の外面および内面のうちの少なくとも一方の面に対して、当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第3のトルク検出手段と、同じく当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第4のトルク検出手段とを有し、前記第2のトルク検出手段は、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに 45° 回転した位置に配置され、

前記第3および第4のトルク検出手段は、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに、それぞれ、 180° および 225° 回転した位置に配置されていることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項4】 請求項1において、更に、前記可撓性外歯車の前記外歯が形成されている以外の外面および内面のうちの少なくとも一方の面に対して、当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第3のトルク検出手段と、同じく当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90

度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第4のトルク検出手段とを有し、

前記第2、第3および第4のトルク検出手段は、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに、それぞれ、 22.5° 、 45° および 67.5° 回転した位置に配置されていることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項5】 請求項1において、更に、前記可撓性外歯車の前記外歯が形成されている以外の外面および内面のうちの少なくとも一方の面に対して、当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第3のトルク検出手段と、同じく当該可撓性外歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第4のトルク検出手段とを有し、

前記第3および第4のトルク検出手段は、前記第1および第2のトルク検出手段に対して、前記中心軸線の回りに、 90° 回転した位置に配置されていることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項6】 請求項1ないし5のうちの何れかの項において、前記可撓性外歯車は、円筒状の胴部と、この胴部の一端側を封鎖している円板状のダイヤフラムと、このダイヤフラム部の中心に一体形成されている厚肉のボスと、前記胴部の開口端側の外周面に形成された前記外歯とを備えたカップ状の可撓性外歯車であることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項7】 請求項6において、前記トルク検出手段は、前記胴部および前記ダイヤフラム部のうちの少なくとも一方の側に配置されていることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項8】 請求項1ないし5のうちの何れかの項において、前記トルク検出手段は、歪ゲージ式トルク検出器、磁歪式トルク検出器、光学式トルク検出器、超音波式トルク検出器のうちの少なくとも何れか一つであることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項9】 請求項1ないし5のうちの何れかの項において、前記可撓性外歯車は、円筒状の胴部と、この胴部の一端から半径方向の外方に広がっている環状のダイヤフラムと、このダイヤフラムの外周縁に連続している厚肉の環状のボスと、前記胴部の他端側の外周面に形成された前記外歯とを備えたシルクハット状の可撓性外歯車であることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【請求項10】 請求項9において、前記トルク検出手段は、前記胴部および前記ダイヤフラム部のうちの少なくとも一方の側に配置されていることを特徴とする噛み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

30

40

50

【発明の属する技術分野】本発明は撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構に関するものである。さらに詳しくは、本発明は、トルク伝達の無い状態であるにもかかわらず入力軸の回転に伴って発生するトルク検出器の検出誤差（回転リップル）を補償可能なトルク検出機構に関するものである。また、本発明は、トルク検出出力の直線性を高めることの可能なトルク検出機構に関するものである。

【0002】

【従来の技術】典型的な撓み噛み合い式歯車装置は、剛性内歯歯車の内側にカップ状の可撓性外歯歯車が配置され、この可撓性外歯歯車の内側には、楕円形の輪郭をした波動発生器が嵌め込まれている。可撓性外歯歯車は波動発生器によって楕円形状に撓められ、その楕円形状の長軸方向の両端の2か所で剛性内歯歯車に噛み合っている。入力軸に連結された波動発生器が回転すると、可撓性外歯歯車と剛性内歯歯車の噛み合い位置も周方向に移動して、双方の歯車の歯数差に応じた相対回転が発生することになる。

【0003】この形式の撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構としては、トルク検出素子である歪ゲージを、カップ状の可撓性外歯歯車の胴部外周面に接着固定し、当該可撓性外歯歯車の歪に基づき、撓み噛み合い式歯車装置を介して伝達されるトルクを検出するように構成されたものが知られている。

【0004】可撓性外歯歯車の各部分は、波動発生器によって半径方向に繰り返し変位させられる。従って、伝達トルクが実際には零の場合においても、波動発生器に連結されている入力軸が回転すると、可撓性外歯歯車の各部分が半径方向に撓まされる。すなわち、楕円形に撓まされている可撓性外歯歯車の各部分は、入力軸に連結された楕円形の波動発生器が回転すると、1回転当たり2周期の割合で半径方向に繰り返し変位する。この結果、歪ゲージからはその撓みに対応する出力が検出されてしまう。

【0005】従って、精度の良いトルク検出を行なうためには、かかる周期的な変位に起因した出力誤差（回転リップル）を検出出力から排除して、伝達トルクのみに起因する歪み量を検出する必要がある。この歪みは、180°の位相をもった正弦波成分であるので、可撓性外歯歯車に対して90°の角度間隔で配置した一対の歪みゲージ等のトルク検出素子の出力を合成することによって、除去することができる。

【0006】このために、従来においては、装置の回転軸線の回りに90度の角度間隔となるように、可撓性外歯歯車の外周面に1対の歪みゲージを接着固定し、これらの歪みゲージの出力を合成した出力を用いて伝達トルクを算出するようにしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ここで、撓み噛み合

式歯車装置における伝達トルクの検出精度を高めるためには、トルク検出出力に含まれる回転リップルを確実に除去すると共に、トルク検出出力の直線性を改善することが必要となる。

【0008】そこで、本発明の課題は、従来のような90°間隔に配置したトルク検出器を用いる場合よりも、伝達トルクの検出精度を大幅に改善することにある。

【0009】すなわち、本発明の課題は、トルク検出出力に含まれる回転リップルを除去して高精度のトルク検出を行なうことの可能な撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構を提案することにある。

【0010】また、本発明の課題は、トルク検出出力の直線性を改善して高精度のトルク検出を行なうことの可能な撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構を提案することにある。

【0011】さらに、本発明の課題は、トルク検出出力に含まれる回転リップルを従来よりも確実に除去でき、かつ、トルク検出出力の直線性を大幅に改善することの可能な撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構を提案することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構は、可撓性外歯歯車の外歯が形成されている以外の外面および内面のうちの少なくとも一方の面に対して、当該可撓性外歯歯車の中心軸線の回りに90°の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第1のトルク検出手段と、同じく当該可撓性外歯歯車の中心軸線の回りに90°の角度間隔に配置された一対のトルク検出素子を備えた第2のトルク検出手段とを有する構成となっている。また、前記第2のトルク検出手段は、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに($k \times 45^\circ$) (k は奇数)の角度だけ回転した位置に配置された構成となっている。そして、これら第1および第2のトルク検出手段の検出出力を合成することにより得られる合成出力に基づき前記撓み噛み合い式歯車装置の伝達トルクを検出するようになっている。

【0013】このように構成した本発明のトルク検出機構によれば、従来のトルク検出機構に比べて、トルク検出出力に含まれる回転リップルの振幅を大幅に低減でき、精度のよい伝達トルクの検出を行なうことができる。また、トルク検出出力の直線性を大幅に改善でき、これによっても、伝達トルクの検出精度を改善できる。

【0014】ここで、トルク検出出力の直線性を改善するためには、前記第2のトルク検出手段を、前記第1のトルク検出手段に対して、前記中心軸線の回りに、90°から270°までの範囲内の角度だけ回転した位置に配置することが望ましい。

【0015】また、トルク検出出力の直線性を一層改善するためには、上記の第1および第2のトルク検出手段

に加えて、更に、前記可撓性外歯歯車の前記外歯が形成されている以外の外面および内面のうちの少なくとも一方の面に対して、当該可撓性外歯歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一对のトルク検出素子を備えた第3のトルク検出手段と、同じく当該可撓性外歯歯車の中心軸線の回りに90度の角度間隔に配置された一对のトルク検出素子を備えた第4のトルク検出手段とを追加することが望ましい。この場合には、前記第2のトルク検出手段を、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに45°回転した位置に配置し、前記第3および第4のトルク検出手段を、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに、それぞれ、180°および225°回転した位置に配置した構成を採用する。

【0016】一方、これらの第1乃至第4のトルク検出機構を、前記第2、第3および第4のトルク検出手段が、前記第1のトルク検出手段に対して前記中心軸線の回りに、それぞれ、22.5°、45°および67.5°回転した位置となるように配置した構成を採用することができる。この構成を採用すれば、トルク検出出力に含まれる回転リップルの振幅を一層低減することができる。

【0017】次に、トルク検出出力に含まれる回転リップルを除去するためには、上記の構成の代わりに、第1乃至第4のトルク検出手段を次のように配置してもよい。すなわち、第1および第2のトルク検出手段の配置関係は上記の構成と同一とする。これに対して、第3および第4のトルク検出手段を、前記第1および第2のトルク検出手段に対して、前記中心軸線の回りに、90°回転した位置となるように配置した構成とする。

【0018】なお、本発明を適用可能な撓み噛み合い式歯車装置の一つには、その可撓性外歯歯車が、円筒状の胴部と、この胴部の一端側を封鎖している円板状のダイヤフラムと、このダイヤフラム部の中心に一体形成されている厚肉のボスと、前記胴部の開口端側の外周面に形成された前記外歯とを備えたカップ状のものが含まれる。この場合、トルク検出手段は、前記胴部および前記ダイヤフラム部のうちの少なくとも一方の側に配置される。

【0019】また、本発明を適用可能な撓み噛み合い式歯車装置の一つには、前記可撓性外歯歯車が、円筒状の胴部と、この胴部の一端から半径方向の外方に広がっている環状のダイヤフラムと、このダイヤフラムの外周縁に連続している厚肉の環状のボスと、前記胴部の他端側の外周面に形成された前記外歯とを備えたシルクハット状のものが含まれる。この場合にも、トルク検出手段は、前記胴部および前記ダイヤフラム部のうちの少なくとも一方の側に配置される。

【0020】次に、本発明のトルク検出機構に適用可能なトルク検出手段としては、歪ゲージ式トルク検出器、

磁歪式トルク検出器、光学式トルク検出器、超音波式トルク検出器を挙げることができる。これらのうちの1つを用いてもよいし、2つ以上の異なる形式のものを組み合わせて使用してもよい。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0022】図1には、本発明を適用可能な撓み噛み合い式歯車装置の例を示してある。図の装置はカップ状撓み噛み合い式歯車装置1であり、環状の剛性内歯歯車2と、この内側に配置されたカップ状の可撓性外歯歯車3と、この内側にはめ込まれた波動発生器4とを備えている。波動発生器4は楕円形の輪郭をしており、可撓性外歯歯車3の内側にはめ込まれて当該可撓性外歯歯車3を楕円形に撓めた状態にしている。この結果、可撓性外歯歯車3の外歯31における楕円形の長軸の両端に位置している部分が、剛性内歯歯車2の内歯21に噛み合っている。波動発生器4は入力軸（図示せず）に連結されており、波動発生器4が高速回転すると、外歯31の内歯21に対する噛み合い位置が円周方向に高速で移動する。外歯と内歯の歯数差は一般に2n（nは正の整数）に設定されているので、外歯歯車3と内歯歯車2の間には相対回転が発生する。この相対回転を、一方の歯車の側から減速回転出力として取り出している。

【0023】可撓性外歯歯車3は、円筒状の胴部32と、この一端側を封鎖している円板状のダイヤフラム33と、このダイヤフラムの中心に形成した厚肉のボス34と、胴部32の開口端の側の外周面35において円周方向に向けて形成した上記の外歯31を備えている。

【0024】図2には、上記構成の撓み噛み合い式歯車装置1に組み付けたトルク検出機構の概略構成を示してある。この図に示すように、トルク検出機構5は第1のトルク検出器6と第2のトルク検出器7を有している。第1のトルク検出器6は、装置中心軸線1aを中心として、90°の角度間隔で可撓性外歯歯車3のダイヤフラム33に配置した一对のトルク検出素子61、62を備えている。同様に、第2のトルク検出器7も、中心軸線1aを中心として90°の角度間隔でダイヤフラム33に配置した一对のトルク検出素子71、72を備えている。

【0025】第2のトルク検出器7は、第1のトルク検出器6に対して中心軸線1aを中心にして（ $k \times 45^\circ$ ）だけ回転した位置に配置されている（kは正の奇数である。）。すなわち、一对のトルク検出素子61、62に対して、一对のトルク検出素子71、72のそれぞれは、（ $k \times 45^\circ$ ）だけ回転した位置に配置されている。トルク検出素子の配置場所としては、胴部32の外周面あるいは内周面でもよい。本例では、第2のトルク検出器7の検出素子71、72は、第1のトルク検出器6の検出素子61、62に対して45°（ $k=1$ ）だけ

7

回転した位置に配置してある。

【0026】第1のトルク検出器6の一对のトルク検出素子61、62の出力61S、62Sは合成されて合成出力6Sが形成される。同様に、第2のトルク検出器7の一对のトルク検出素子71、72の出力71S、72Sが合成されて合成出力7Sが得られる。これらの合成出力6Sと7Sを合成した合成出力8Sがトルク検出出力として採用される。

【0027】このように、2組のトルク検出器6、7を相互の45°回転した位置に配置することによって、トルク検出出力に含まれる回転リップルの振幅を大幅に低減することができる。よって、精度の良い検出を実現できる。これと同時に、トルク検出出力の直線性も大幅に改善される。

【0028】なお、従来のように一对のトルク検出器を90°回転した位置に配置した構成を採用した場合には、可撓性外歯歯車の撓みに伴う180°周期の回転リップルを除去できる。しかし、トルク検出出力に含まれるそれ以外の回転リップル成分を低減あるいは除去することができない。

【0029】ここで、トルク検出器6、7のトルク検出素子61、62、71、72としては、例えば歪みゲージを用いることができる。この場合には、各トルク検出素子を、装置中心軸線1aに対して左右に45°傾斜した向きとなるように可撓性外歯歯車3の胴部32あるいはダイヤフラム33の表面に接着した一对の歪みゲージから構成すればよい。そして、これらの歪みゲージによりブリッジ回路を構成して、トルク検出出力を得るようにすればよい。

【0030】このような接触型のトルク検出素子の代わりに、非接触型のトルク検出素子である磁歪検出素子、光学式検出素子、超音波検出素子等を利用してもよい。

【0031】以下に、本発明の45度配列を見出すに際して行った実験例の概要を説明する。

【0032】歪みゲージの配置関係

図3には測定のために可撓性外歯歯車3の胴部32およびダイヤフラム33に接着固定したトルク検出素子としての歪みゲージの配置を、各歪みゲージに付与した符号と共に示してある。図において、装置中心軸線1aを通る水平線Hを基準として、この配置関係を以下において0度歪みゲージ配置と呼ぶ。

【0033】この図において、一对の歪みゲージA1、A2、あるいは歪みゲージC1、C2がトルク検出素子61に、歪みゲージA3、A4、あるいは歪みゲージC3、C4がトルク検出素子62に相当し、これら4枚の歪みゲージによって第1のトルク検出器6が構成される。

【0034】図4に示す歪みゲージの配置関係は、図3の歪みゲージの配置関係を、全体として、中心軸線1aの回りに45°回転することにより得られるものであ

8

る。この図の示す歪みゲージの配置を以下において45度歪みゲージ配置と呼ぶ。

【0035】この図において、一对の歪みゲージA1、A2、あるいは歪みゲージC1、C2がトルク検出素子71に、歪みゲージA3、A4、あるいは歪みゲージC3、C4がトルク検出素子72に相当し、これら4枚の歪みゲージによって第2のトルク検出器7が構成される。

【0036】直線性とヒステリシス

図3のように配置した第1の検出器6に含まれる4枚の歪みゲージA1乃至A4、あるいはC1乃至C4によりホイーストンブリッジ回路を構成し、この出力FB_AあるいはFB_Cを測定した。同様に、図4のように配置した第2の検出器7に含まれる4枚の歪みゲージA1乃至A4、あるいはC1乃至C4によりホイーストンブリッジ回路を構成し、この出力FB_A(45°)あるいはFB_C(45°)を測定した。

【0037】それぞれのホイーストンブリッジ回路の出力データ例を図5および図6に示す。それぞれの図において、(a)は図3に示す第1の検出器6を構成している0度歪みゲージ配置の場合であり、(b)は図4に示す第2の検出器7を構成している45度歪みゲージ配置の場合である。

【0038】これらの図から分かるように、2つの歪みゲージの配置(0度歪みゲージ配置の場合と45度歪みゲージ配置の場合)におけるそれぞれの直線性に対する誤差が反対方向に向かっている。

【0039】図7および図8には、2つのブリッジ回路の出力の合成した場合の測定結果を示してある。すなわち、第1および第2のトルク検出器6、7の出力を合成した場合の結果を示してある。

【0040】これらの図から分かるように、第1および第2のトルク検出器6、7の出力を合成することによって、検出出力の直線性が2パーセント程度まで低減される。これに対して、それぞれのトルク検出器出力単独の場合には、検出出力の直線性は約5パーセントである。従って、45°の角度で配置した第1および第2のトルク検出器の出力を用いれば、トルク検出出力の直線性を大幅に改善できる。なお、従来のように、第1および第2のトルク検出器6、7を90°の角度間隔で配置した場合に得られる検出出力を合成した場合には、このような結果は得られなかった。すなわち、検出出力の直線性の精度はほぼ5パーセントのままであった。

【0041】次に、上記の第1および第2のトルク検出器6、7に加えて、第3および第4のトルク検出器8、9を追加した。すなわち、図3に示すように、一对の歪みゲージB1、B2、あるいは歪みゲージD1、D2を含むトルク検出素子81と、歪みゲージB3、B4、あるいは歪みゲージD3、D4を含むトルク検出素子82とから、第3のトルク検出器8を構成した。また、図4

に示すように、一対の歪みゲージ B 1、B 2、あるいは歪みゲージ D 1、D 2 を含むトルク検出素子 9 1 と、歪みゲージ B 3、B 4、あるいは歪みゲージ D 3、D 4 を含むトルク検出素子 9 2 とから、第 4 のトルク検出器 9 を構成した。

【0042】そして、図 3 に示す第 1 の検出器 6 の出力と、図 4 に示す第 4 のトルク検出器 9 の出力との合成出力を測定した。すなわち、図 2 (B) に示すように 2 組のトルク検出器 6、7 を配置した場合の検出出力を測定した。

【0043】この結果を、図 9 に示す。この図から分かるように、トルク検出出力の直線性の精度が、1 パーセント程度まで低減されている。本発明者等の実験によれば、2 組のトルク検出器を 45° の回転位置に配置するよりも、一方のトルク検出器に対して、他方の側を、135° あるいは 225° の回転位置に配置した方が、トルク検出出力の直線性の精度を改善できることが確認された。

【0044】次に、本発明者等の実験によれば、図 3 および図 4 に示す第 1、第 2、第 3 および第 4 の 4 組のトルク検出器 6、7、8、9 の検出出力を合成することにより、トルク検出出力の直線性の精度が 1 パーセント程度の改善されることが確認された。

【0045】回転リップル

次に、図 3 の示す第 1 のトルク検出器 6 の出力、および図 4 に示す第 2 のトルク検出器 7 の出力に含まれる回転リップルについて考察した。図 10 には、各トルク検出器 6、7 の検出出力の回転リップルと、これらの合成出力の回転リップルを示してある。この図から分かるように、回転リップルは 90° の周期をもっており、従って、45° 回転した位置に配置された第 1 および第 2 のトルク検出器 6、7 の出力は位相が 45° ずれている。このために、これらの出力を合成した場合には、回転リップルの振幅を 5 パーセントから約 2 パーセント程度まで低減できる。

【0046】ここで、本発明者等の実験によれば、4 組のトルク検出器を用いる場合には、これらを 22.5° の角度間隔で配列すれば、より一層の回転リップルの低減が得られることが確認された。

【0047】次に、本発明者等は、4 組のトルク検出器 6 ないし 9 を次のように配置して、それらの合成出力を求めた。すなわち、図 11 (a) に示すように第 1 および第 2 のトルク検出器 6、7 を相対的に 135° 回転した位置にそれぞれ配置した。また、図 11 (b) に示すように、第 3 および第 4 のトルク検出器 8、9 を同じく相対的に 135° 回転した位置にそれぞれ配置した。これらの図から分かるように、第 1 および第 2 のトルク検出器 6、7 に対して、第 3 および第 4 のトルク検出器 8、9 は、全体として、相互に 90° 回転した位置関係となっている。

【0048】従って、図 11 (c) に示すように、第 1 のトルク検出器 6 のトルク検出素子 6 1 と、第 4 のトルク検出器 9 のトルク検出素子 9 2 とは同一位置にある。これらは共通のトルク検出素子を利用している。同様に、第 2 のトルク検出器 7 のトルク検出素子 7 1 と、第 3 のトルク検出器 8 の第 2 のトルク検出素子 8 2 とは同一位置にある。これら共通のトルク検出素子を利用している。

【0049】この場合、2 か所のトルク検出素子（歪みゲージ）が重なってしまう。従って、図 12 を参照して説明すると、A、D のホイストンブリッジ出力を U 1 とし、B、C、D、E のホイストンブリッジ出力を U 2 とすれば、このトルク検出器の出力 U は、
$$U = 2U_1 + U_2$$
 として得ることができる。

【0050】このように 4 組のトルク検出器を配置した場合に得られる合成出力は、回転リップルの振幅が低減されたものであることが確認された。従って、このような配置関係を採用した場合においても、高精度のトルク検出を実現できる。

【0051】ここで、トルク検出素子（歪みゲージ）の配置は、上述した図 11 に示すように、90° のセットを 135° 回転したものと、図 13 に示すように、90° のセットを 45° 回転したものの双方が考えられる。

【0052】（その他の実施の形態）なお、以上の説明は、可撓性外歯歯車として、カップ状のものを採用した場合についてのものである。しかし、以上述べた点は、シルクハット状の可撓性外歯歯車に対しても同様に適用される。さらには、円筒状の可撓性外歯歯車に対しても同様に適用される。

【0053】また、トルク検出器の配置位置としては、可撓性外歯歯車のダイヤフラムおよび胴部の何れであってもよい。

【0054】さらに、本発明のトルク検出機構に適用可能なトルク検出手段としては、歪みゲージ式トルク検出器、磁歪式トルク検出器、光学式トルク検出器、超音波式トルク検出器を挙げることができる。これらのうちの 1 つを用いてもよいし、2 つ以上の異なる形式のものを組み合わせて使用してもよい。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の撓み噛み合い式歯車装置のトルク検出機構においては、その可撓性外歯歯車に対して、中心軸線の回りに、 $(k \times 45^\circ)$ （k は奇数）の角度間隔で少なくとも 2 組のトルク検出器を配置し、これらの 2 組のトルク検出器の出力を合成した合成出力に基づき、トルクを検出するようにしている。本発明のトルク検出機構によれば、トルク検出出力の直線性の精度を改善することができる。また、同時に、トルク検出出力に含まれる回転リップルの振幅を大幅に低減することができる。

【0036】によって、本発明のトルク検出機構を採用すれば、従来に比べて、高精度のトルク検出を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用可能なカップ状撓み噛み合い式歯車装置を示す斜視図である。

【図2】(A)および(B)は、それぞれ、図1のカップ状の可撓性外歯歯車のダイヤフラムおよび胴部に配置された2組のトルク検出器の配置関係を示す説明図である。

【図3】カップ状の可撓性外歯歯車のダイヤフラムの部分および胴部に配置した歪みゲージの配置である0度の歪みゲージ配置を示す図である。

【図4】カップ状の可撓性外歯歯車のダイヤフラムの部分および胴部に配置した歪みゲージの配置である45度の歪みゲージ配置を示す図である。

【図5】(a)は、ダイヤフラムに取り付けた0°配置の第1のトルク検出器の入力トルクに対する出力を示すグラフであり、(b)は、ダイヤフラムに取り付けた45°配置の第2のトルク検出器の入力トルクに対する出力を示すグラフである。

【図6】(a)は、胴部に取り付けた0°配置の第1のトルク検出器の入力トルクに対する出力を示すグラフであり、(b)は、胴部に取り付けた45°配置の第2のトルク検出器の入力トルクに対する出力を示すグラフである。

【図7】ダイヤフラムに取り付けた0°配置のトルク検出器および45°配置の第2のトルク検出器の合成出力を示すグラフである。

【図8】胴部に取り付けた0°配置のトルク検出器および45°配置の第2のトルク検出器の合成出力を示すグ

ラフである。

【図9】ダイヤフラムに取り付けた相対的に225°回転した位置に配置された第1のトルク検出器と第4のトルク検出器の合成出力を示すグラフである。

【図10】ダイヤフラムに取り付けた第1および第2のトルク検出器の合成出力（回転リップル）を示すグラフである。

【図11】4組のトルク検出器の配置を示す説明図である。

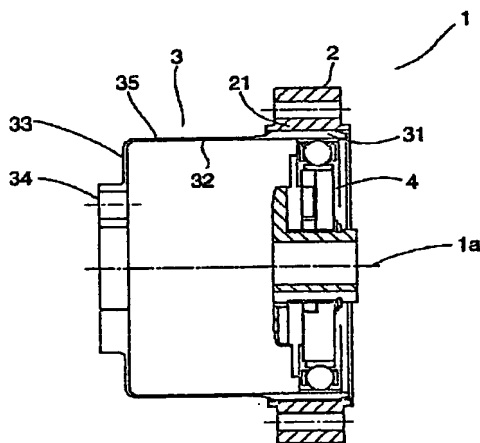
10 【図12】トルク検出素子の位置が重なる場合におけるトルク検出器の出力について説明するための説明図である。

【図13】4組のトルク検出器の配置を示す説明図である。

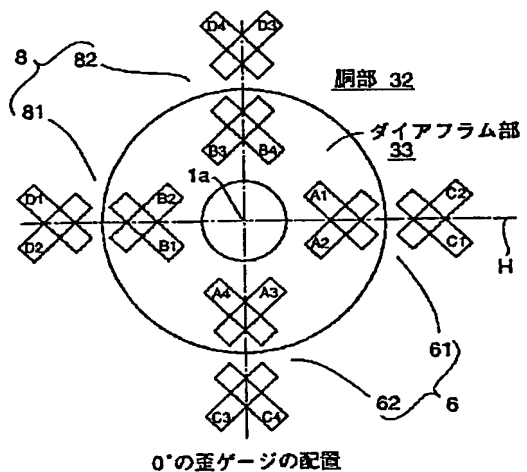
【符号の説明】

- | | |
|-------|-------------|
| 1 | 撓み噛み合い式歯車装置 |
| 1a | 中心軸線 |
| 2 | 内歯歯車 |
| 21 | 内歯 |
| 3 | 外歯歯車 |
| 31 | 外歯 |
| 32 | 胴部 |
| 33 | ダイヤフラム |
| 6 | 第1のトルク検出器 |
| 61、62 | トルク検出素子 |
| 7 | 第2のトルク検出器 |
| 71、72 | トルク検出素子 |
| 8 | 第3のトルク検出器 |
| 81、82 | トルク検出素子 |
| 9 | 第4のトルク検出器 |
| 91、92 | トルク検出素子 |

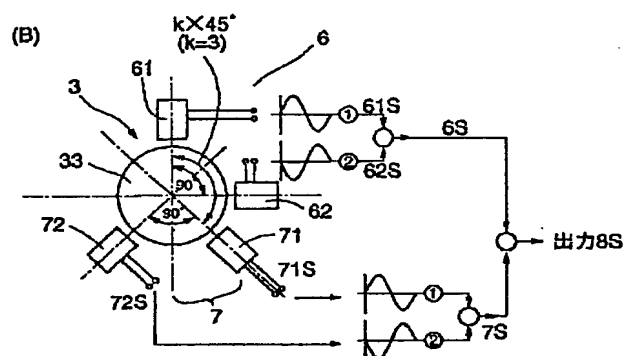
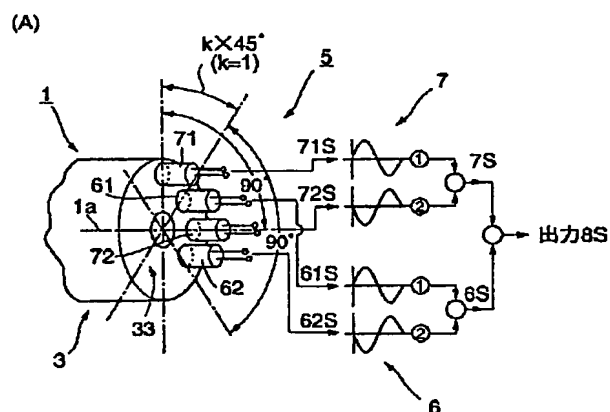
【図1】



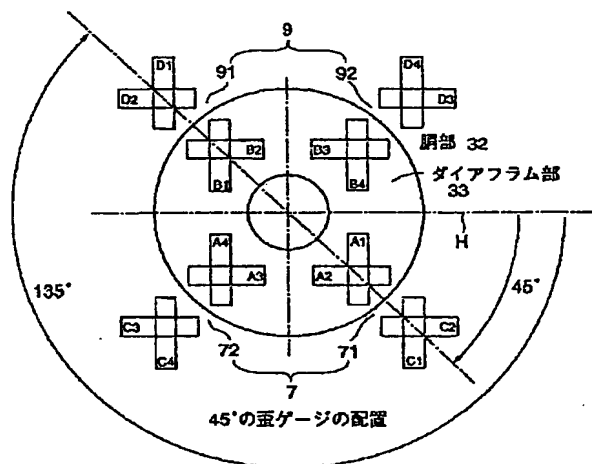
【図3】



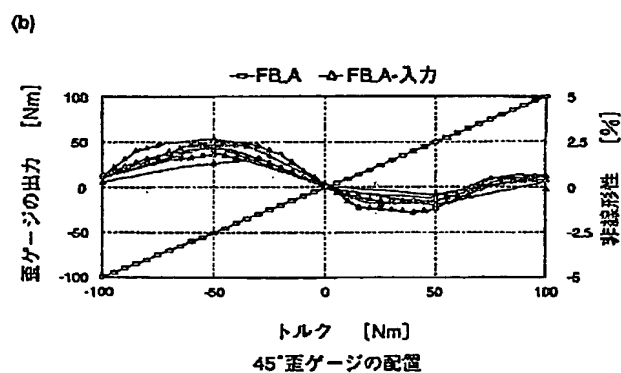
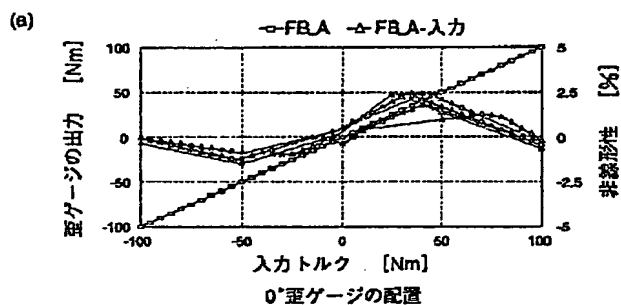
【図2】



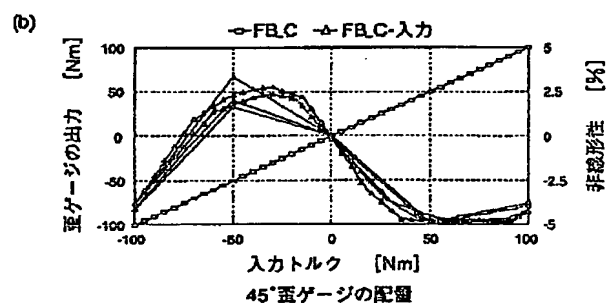
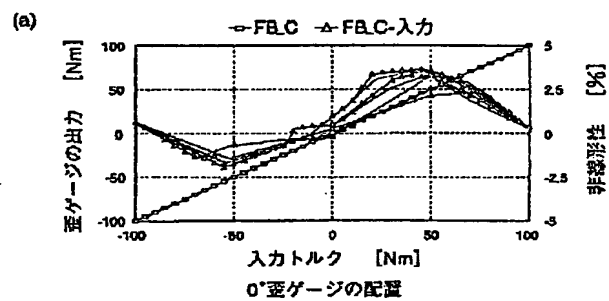
【図4】



【図5】

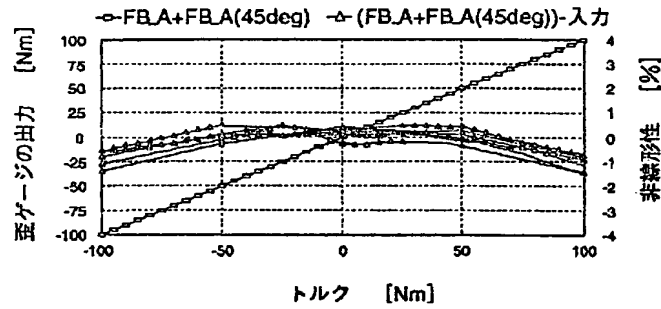


【図6】

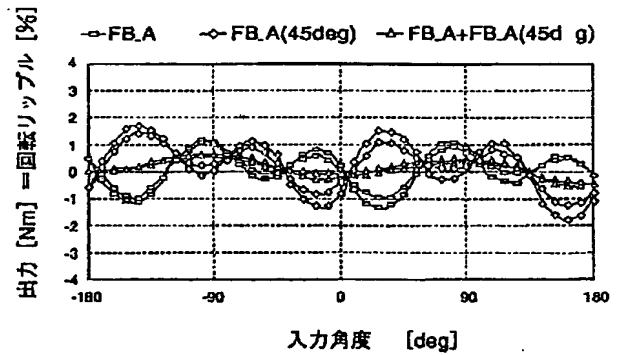


フルブリッジFBCの出力と誤差

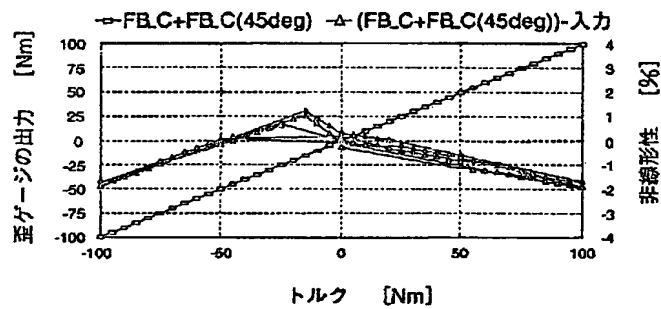
【図 7】



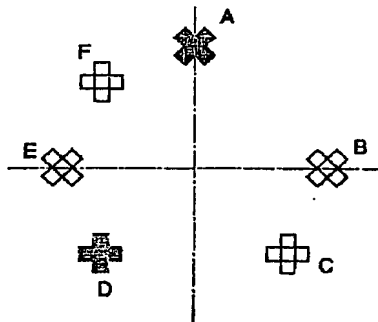
【図 10】



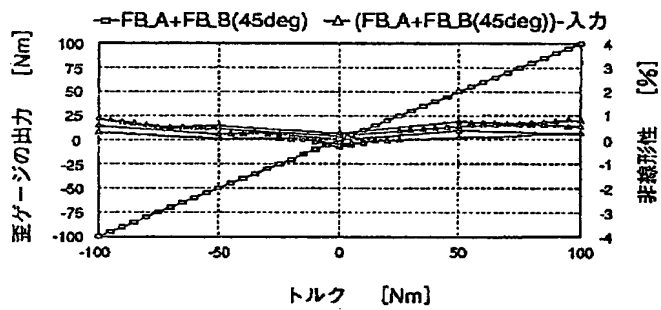
【図 8】



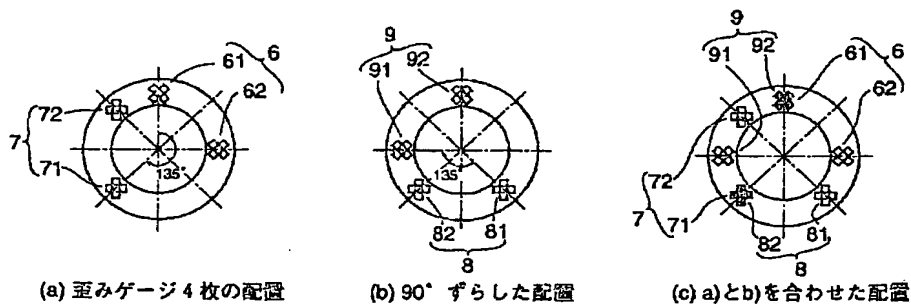
【図 12】



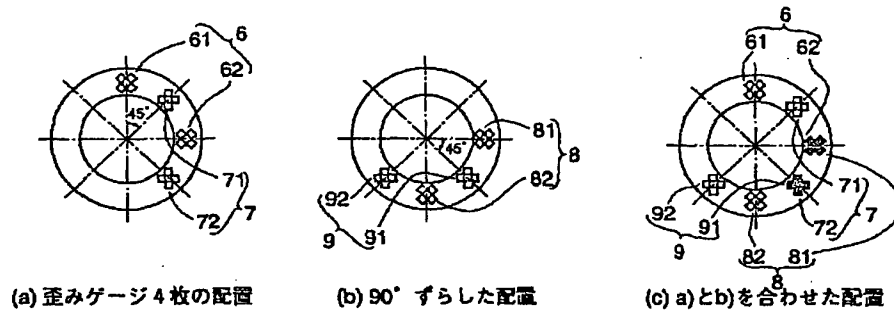
【図 9】



【図 11】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 橋本 稔

鹿児島県鹿児島市西伊敷7丁目21-4-31